

## Elektromanyetik Kirlilik Ölçümleri ve Değerlendirmeler: Bir Alışveriş Merkezi Örneği

Çetin Kurnaz, Begüm Korunur Engiz  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi  
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü  
Kurupelit, Samsun  
ckurnaz@omu.edu.tr, bkengiz@omu.edu.tr

**Özet:** Bu çalışmada, Samsun'da bulunan bir alışveriş merkezinde (AVM) 100kHz-3GHz frekans bandında kısa ve uzun süreli elektromanyetik radyasyon (EMR) ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler AVM içinde sabit bir konumda 24 saat süresince ve her katta dolaşarak sabah/akşam saatlerinde alınmıştır. Ölçüm sonuçları incelendiğinde; BTK tarafından belirlenen limit değerlerin aşılmadığı, temel EMR kaynağının 3G frekans bandını kullanan baz istasyonları olduğu görülmüştür. İstatistiksel değerlendirmeler neticesinde ise; AVM'nin açık olduğu saatlerde ölçülen elektrik alan şiddetinin (E) kapalı olduğu zamana göre %56 oranında artabildiği belirlenmiştir. Bunun yanında AVM içinde kullanıcı sayısının fazla olduğu akşam saatlerinde ölçülen E değerinin sabah saatlerinde ölçülen değerlere oranla %82 daha fazla olduğu görülmüştür.

**Abstract:** In this study, short and long term electromagnetic radiation (EMR) measurements were conducted within 100 kHz-3GHz frequency band at the largest shopping mall in Samsun. Measurements were collected for 24-hours a day at the certain location, and taken during walking on each floor in morning/evening times. It is concluded from the measurements that the limit determined by BTK isn't exceeded, and the main EMR pollution source is the base stations which use 3G frequency band. The statistical analyses prove that the measured E levels can increase by up to 56% during daytime compared to nighttime. Besides that the evening times recorded E values are 82% higher than those of obtained in morning measurements.

### 1. Giriş

Teknolojik gelişmelerle birlikte kablosuz sistemlerin özellikle de hücresel sistemlerin kullanımı her geçen gün artmaktadır. Hücresel sistem kullanıcıları baz istasyonları yardımıyla birbirleriyle iletişim kurmaktadır. Kullanıcıların buldukları her yerde çevrimiçi kalmak istemeleri, giderek artan multimedya kullanımı, her Baz istasyonunun sınırlı sayıda kullanıcıya ve sınırlı bir bölgeye hizmet verebilmesi operatörleri daha fazla sayıda Baz istasyonu kurmaya zorlamaktadır. Sayısı her geçen gün artan Baz istasyonlarından kaynaklı elektromanyetik radyasyon (EMR) seviyelerinin ölçülmesi, değerlendirilmesi ve olası tedbirlerin önceden alınması insan sağlığı açısından elzemdir. Kablosuz sistemlerden olan Wi-Fi kullanımı da benzer şekilde her geçen gün artmakta, günlük hayatta, evde, iş yerinde, AVM'lerde, parklarda pek çok Wi-Fi erişim noktası bulunmaktadır. Wi-Fi kullanımındaki bu artış maruz kalınan EMR seviyesinin daha da artmasına neden olmaktadır. Gerek Baz istasyonları gerekse Wi-Fi cihazları iyonlaştırıcı olmayan frekans bölgesinde (300GHz'dan daha düşük) çalışıyor olsalar da canlı sağlığı üzerindeki etkileri günümüzün güncel tartışma konularındandır [1]. Bu nedenle Baz istasyonları [2-4] ve Wi-Fi cihazlarından kaynaklı EMR'nin ölçülmesi ve değerlendirilmesi [5-6] üzerine yapılmış pek çok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışma ile Samsun'da bulunan Karadeniz bölgesinin en büyük ve Türkiye'nin sayılı AVM'lerinden birinde EMR ölçümlerinin alınması ve değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Ölçümler 100kHz -3GHz frekans aralığında geniş bant ve bant seçici olarak alınmıştır. Geniş bant ölçümleri 24 saat süresince sabit bir konumda ve sabah/akşam olmak üzere iki kere alınmıştır. AVM içindeki EMR kaynaklarını ve toplam EMR'ye katkılarını belirlemek için bant seçici EMR ölçümleri de yapılmıştır. EMR'nin değişimini belirlemek için ölçüm sonuçları istatistiksel olarak analiz edilmiştir.

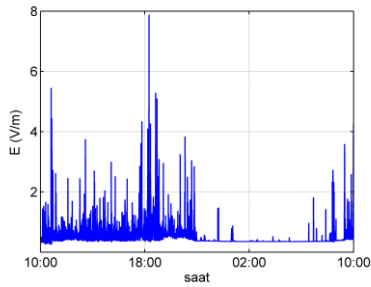
### 2. EMR Ölçümleri

Elektromanyetik dalgaların insan sağlığına etkileri konusunda uluslararası standartlar ve güvenlik amaçlı limit değerler mevcuttur. Bu limit değerler Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından da tanınan ve uluslararası bir komisyon olan Uluslararası İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyondan Korunma Komitesi (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, ICNIRP) tarafından genel halk sağlığı için günde 24 saat maruz kaldığı kabulüyle belirlenmiştir [7]. Ülkemizde elektromanyetik radyasyon üzerine yasal düzenlemeler Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (BTK) tarafından yapılmakta olup BTK, ICNIRP'nin belirlediği limit değerleri esas alarak gerekli yönetmelikleri oluşturmaktadır [8]. Türkiye'de 900MHz (GSM900), 1800MHz (GSM1800), 2100MHz (UMTS2100) frekans bantlarını kullanan üç hücresel sistem operatörü bulunmaktadır. 4.5G için ise 800MHz ile 2600MHz arasında tahsisleri yapılan 6 farklı frekans bölgesi kullanılmaktadır. BTK tarafından

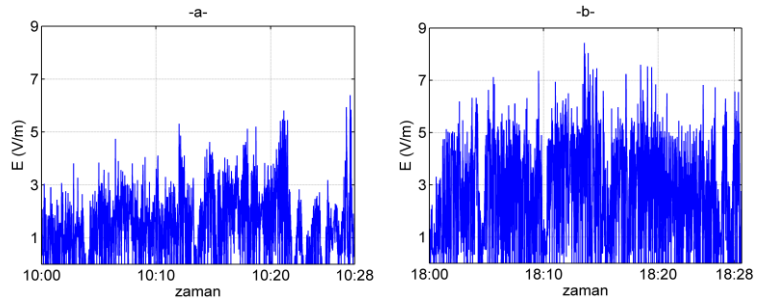
yayınlanan yönetmeliğe göre limit değerler; 900MHz için 30.9 (V/m), 1800MHz için 43.7 (V/m), 2100MHz için (3G) 45.75 (V/m) olup 2.45 GHz frekansını kullanan Wi-Fi (WLAN) cihazları için ise 45.75 (V/m)'dir. Bu değer 2600MHz frekans bandını da kullanacak 4.5G için benzer şekilde 45.75 (V/m)'dir. Bu çalışmada EMR ölçümleri 80 bin metrekare kapalı alanı ve 160'dan fazla mağazası olan, her ay yaklaşık 1 milyon hafta sonları ise 100 bine yakın ziyaretçisi olan Samsun'un ve Karadeniz Bölgesinin en büyük AVM'sinde gerçekleştirilmiştir. AVM haftanın yedi günü 10:00-22:00 saatleri arasında açıktır. AVM'nin etrafında ve çatısında birçok baz istasyonu, içinde ise çok sayıda Wi-Fi erişim noktası da vardır. FM, TV, GSM, UMTS ve WLAN servislerini içeren 100kHz - 3GHz frekans aralığındaki toplam EMR ölçümleri EP-330 izotropik elektrik alan problu PMM-8053 [9] ile bant seçici ölçümler ise 3501/03 izotropik elektrik alan problu SRM-3006 [10] EMR metre kullanılarak yapılmıştır.

### 3. Ölçüm Sonuçları

AVM içinde sabit bir konumda PMM-8053 kullanılarak 4sn aralıklarla [3] alınan E değerleri Şekil 1'de verilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi AVM'nin açık olduğu zamanlarda (10:00-22:00 saatleri arası) E değerinde anlamlı derecede bir değişim gözlenirken, kapalı olduğu saatlerde (22:00'dan sonra) ani bir azalma söz konusudur. Her ne kadar AVM 10:00'da açılıyor olsa da çalışanların gelmeye başladığı 07:00'dan itibaren E değerinde artışlar gözlenmektedir. En yüksek E değeri 7.81 V/m, ortalama E değeri 0.5169V/m olarak ölçülmüştür. E'nin standart sapması ise 0.3878 V/m'dir. AVM kapalı iken E'nin ortalama değeri 0.3985V/m açık iken ise 0.6236V/m olup EMR'deki artış %56.5'dir.



Şekil 1. 24 saatlik E ölçümleri



Şekil 2. Kısa süreli E ölçümleri a) sabah, b) akşam

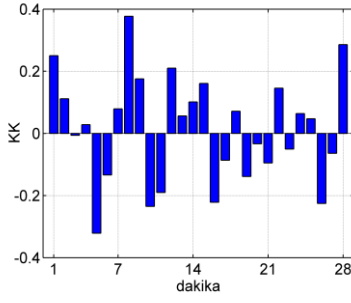
AVM içinde 24 saatlik E ölçümlerinin ardından, AVM'nin açık olduğu ve kullanıcı sayısının az olduğu sabah saatleri ve kullanıcı sayısının yüksek olduğu akşam saatlerinde de AVM içinde tüm katlar dolaşarak 1sn aralıklarla E ölçümleri alınmış ve Şekil 2'de verilmiştir. Ölçümlerde başlangıçtan ölçüm tamamlanincaya kadar geçen sürede (28 dakika) toplam 1.5km yol kat edilmiştir. Ölçümler ile ilgili istatistiksel değerlendirmeler ise Çizelge 1'de verilmiştir. Gerek Şekil 2'den gerekse Çizelge 1'den görüldüğü gibi kullanıcı sayısındaki artış E değerini oldukça etkilemiş, kullanıcı sayısının yoğun olduğu akşam saatlerinde E değerinde %82'lere varan bir artış olmuştur.

Çizelge 1. Kısa süreli E ölçümlerin değerlendirilmesi

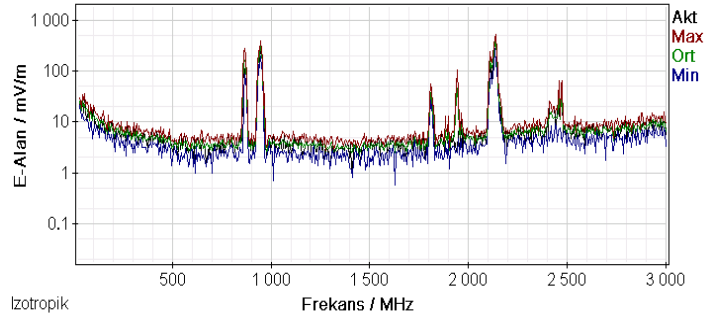
Ölçüm Zamanı	E (V/m)		
	Maksimum	Ortalama	Standart sapma
Sabah	6.3900	1.4313	1.2325
Akşam	8.4300	2.6066	1.9577
Değişim	%31.9	%82.1	%58.8

Sabah ve akşam saatlerinde ölçülen E değerleri arasındaki ilişkiyi daha detaylı incelemek için aralarındaki korelasyon incelendi ve 0.0570 gibi oldukça küçük bir korelasyon katsayısı (KK) elde edildi. Dolayısıyla sabah ve akşam ölçülen E değerlerinin birbirlerinden bağımsız oldukları söylenilebilir. Daha sonra bu iki veri arasındaki korelasyon ilişkisi dakika bazında incelendi ve sonuçlar Şekil 3'e verildi. Bu durumda ise en yüksek KK 0.3772 olarak 8. dakikada elde edildi.

Çalışmanın sonraki aşamasında SRM-3006 kullanılarak AVM içinde bant seçici ölçümler alınmış ve buna göre EMR kaynakları ve toplam E'ye katkıları belirlenmiştir. 100kHz-3GHz arasındaki frekans bandı ve E değerlerinin bir örneği Şekil 4'de gösterilmiştir. Bu bant bölgesinde yerleşen servisler ve E değerleri ise Çizelge 2'de gösterilmiştir. Gerek Şekil 4 gerekse Çizelge 2 incelendiğinde AVM içinde elektromanyetik kirliliğe neden olan kaynaklar ETC1 (4.5G), GSM900, GSM1800, UMTS2100 ve Wi-Fi (WLAN) cihazlarıdır. Çizelgeden de görüldüğü gibi AVM içindeki elektromanyetik kirliliğin temel nedeni %65.64 oran ile (toplam E ile servis E'ler arasında karesel bir ilişki vardır [10]) 2100MHz frekans bandını kullanan 3G Baz istasyonlarıdır.



Şekil 3. Sabah/akşam ölçülen E değerleri arasındaki korelasyon



Şekil 4. 100kHz -3GHz arasındaki frekans bandının bir örneği

Çizelge 2. Frekans seçici E değerleri

İndeks	Servis Adı	Alt Frekans	Üst Frekans	Ortalama E (mV/m)	İndeks	Servis Adı	Alt Frekans	Üst Frekans	Ortalama E (mV/m)
1	Alt Bant	30 MHz	87.4 MHz	48.23	10	GSM900	890 MHz	960 MHz	309.1
2	FM Bandı	87.5 MHz	108 MHz	16.19	11	ETC2	960.1 MHz	1.7 GHz	28.35
3	Hava Bandı	108.1 MHz	136 MHz	13.33	12	GSM1800	1.701 GHz	1.88 GHz	46.10
4	Kara Bandı-I	136.1 MHz	173 MHz	16.28	13	DECT	1.881 GHz	1.899 GHz	6.437
5	TV VHF Bandı	173.1 MHz	230 MHz	19.09	14	UMTS2100	1.9 GHz	2.17 GHz	544.9
6	Kara Bandı-II	230.1 MHz	400 MHz	20.66	15	ETC4	2.171 GHz	2.399 GHz	29.93
7	Kara Bandı-III	400.1 MHz	470 MHz	11.32	16	WLAN	2.400 GHz	2.483 GHz	80.14
8	TV UHF Bandı	470.1 MHz	861 MHz	21.98	17	ETC5	2.484 GHz	3.000 GHz	54.86
9	ETC1	861.1 MHz	889.9 MHz	204.9	18	Diğer		13.97	
					19	Toplam		672.6 mV/m	

### 3. Sonuç

Bu çalışmada, Türkiye'nin sayılı, Karadeniz Bölgesinin en büyük AVM'sinde EMR kirlilik ölçümleri yapılmıştır. Sonuçlardan AVM içinde ölçülen E değerinin BTK tarafından belirlenen limit değerleri aşmadığı ve EMR değerinin gün içinde kullanıcı sayısına bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir. AVM'nin açık olduğu saatlerde EMR'de yaklaşık %56 oranında bir artış olduğu, akşam saatlerinde ise ölçülen EMR'nin sabahkine oranla %82 arttığı gözlemlenmiştir. AVM içindeki EMR kirliliğinin temel kaynağının 3G frekans bandını kullanan Baz istasyonları olduğu tespit edilmiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirmeler ise sabah ve akşam ölçülen EMR değerleri arasında anlamlı bir korelasyonun olmadığını göstermiştir.

### Kaynaklar

- [1] R. W. Y. Habash, "Bio effects and Therapeutic Applications of Electromagnetic Energy", CRC Press, 2007.
- [2] B. K. Gül, Ç. Kurnaz, B. K. Engiz, 'Measurement and Evaluation of Electromagnetic Pollution in Ondokuz Mayıs University Kurupelit Campus in Samsun, Turkey', Third International Conference on Advances in Information Processing and Communication Technology, s.80-84, Rome, Italy, 2015.
- [3] L. Seyfi, "Measurement of electromagnetic radiation with respect to the hours and days of a week at 100kHz-3GHz frequency band in a Turkish dwelling", Measurement, vol.46, no.9, pp.3002-3009, 2013.
- [4] P. Baltrenas, R. Buckus, "Measurements and analysis of the electromagnetic fields of mobile communication antennas", Measurement, vol.46, no.10, s.3942-3949, 2013.
- [5] K. Eraydın, Ç. Kurnaz, B. K. Engiz Investigation of Electromagnetic Pollution Radiated due to Wi-Fi Equipment on Samsun Light Rail System, The 3rd EMC Turkey Conference 2 - 4 September 2015, İstanbul, Turkey.
- [6] G. Betta, D. Capriglione, G. Miele, L. Rossi, "Reliable Measurements of Wi-Fi Electromagnetic Pollution by Means of Traditional Spectrum Analyzers", IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference, 12-15 May, Canada, 2008, s. 206-211.
- [7] ICNIRP Guidelines, "Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (up to 300GHz)", International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, Health Physics vol.74, no.4, pp.494-522, 1998.
- [8] Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, "Elektronik Haberleşme Cihazlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Şiddetinin Uluslararası Standartlara Göre Maruziyet Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Kontrolü ve Denetimi Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik", Resmi Gazete Sayı:29497, 9 Ekim 2015.
- [9] www.pmm.it/docs/8053en1001.pdf
- [10] www.narda-sts.us/pdf\_files/DataSheets/SRM3006\_DataSheet.pdf